

Analisis Pengaruh Pembebanan Lebih Pada Trafo Distribusi GH Krueng Cut Banda Aceh

Almas^{1*}, Syukri²⁾, dan Muliadi³⁾

^{1, 2, 3)}Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Iskandar Muda
Jl. Kampus UNIDA, Surien, Kec. Meuraxa, Kota Banda Aceh, Aceh 23234

*Corresponding author E-mail: almas.three@gmail.com

ABSTRACT

The electricity distribution network is important in distributing electricity from the power plant to consumers. However, there is often a problem of unstable electricity supply due to increasing load fluctuations. This increase in load is caused by the increasing number of customers and increasing electricity consumption. Distribution transformers TKP 02-00 and TKP 03-01 are the focus of the study because both bear increasingly heavy loads. Unbalanced loads can cause damage to the transformer due to overheating, thus disrupting the electricity supply to consumers. This study aims to determine the extent of the overload in the two transformers. The study was conducted at the Krueng Cut Distribution Substation, PT. PLN (Persero) ULP Syiah Kuala. The data collected included transformer load, current on phases R, S, and T, phase-phase voltage (R-S, S-T, and R-T) and phase-neutral voltage (R-N, S-N, and T-N). The data were taken from transformers located on Jl. T. Nyak Arief Lamnyong and in front of the Lamnyong gas station. The results obtained from the TKP 02-00 Distribution Transformer are the load current on the R phase of 125 A, the S phase of 137 A, and the T phase of 152 A. Then the phase-to-phase voltage R-S is 380 V, and the phase-to-phase R-T is 375 V. The phase to phase S-T is 379 V. Then the phase to neutral voltage R-N is 222 V, and the phase to neutral S-N is 218 V. The phase to neutral T-N is 220 V. Furthermore, the results obtained from the TKP 03-01 Distribution Transformer are the load current on the R phase of 175 A, the S phase of 192 A, and the T phase of 167 A. Then the phase-to-phase voltage R-S is 378 V, the phase-to-phase R-T is 357 V, and the phase-to-phase S-T is 381 V. V. Then the phase-to-neutral voltage R-N is 218 V, phase-to neutral S-N is 216 V, and phase to neutral T-N is 218 V.

Keywords: Overload, R-S-T phase, distribution transformer, switching substation, voltage.

ABSTRAK

Jaringan distribusi listrik berperan penting dalam menyalurkan listrik dari pusat pembangkit ke konsumen. Namun, seringkali terjadi masalah ketidakstabilan pasokan listrik akibat fluktuasi beban yang terus meningkat. Peningkatan beban ini disebabkan oleh semakin banyaknya pelanggan dan meningkatnya konsumsi listrik. Trafo distribusi TKP 02-00 dan TKP 03-01 menjadi fokus penelitian karena keduanya menanggung beban yang semakin berat. Beban yang tidak seimbang dapat menyebabkan kerusakan pada trafo akibat panas berlebih, sehingga mengganggu pasokan listrik ke konsumen. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kelebihan beban yang terjadi pada kedua trafo tersebut. Penelitian dilakukan di Gardu Hubung Krueng Cut, PT. PLN (Persero) ULP Syiah Kuala. Data yang dikumpulkan meliputi beban trafo, arus pada fasa R, S, T, tegangan fasa-fasa (R-S, S-T, dan R-T) serta tegangan fasa-netral (R-N, S-N, dan T-N). Data-data tersebut diambil dari trafo yang terletak di Jl. T. Nyak Arief Lamnyong dan depan SPBU Lamnyong. Adapun hasil yang di peroleh dari Trafo Distribusi TKP 02-00 yaitu arus beban pada fasa R sebesar 125 A, fasa S sebesar 137 A, dan fasa T sebesar 152 A. Kemudian tegangan fasa ke fasa R-S sebesar 380 V, fasa ke fasa R-T sebesar 375 V, dan fasa ke fasa S-T sebesar 379 V. Kemudian tegangan fasa ke netral R-N sebesar 222 V, fasa ke netral S-N sebesar 218 V, dan fasa ke netral T-N sebesar 220 V. Selanjutnya hasil yang di peroleh dari Trafo Distribusi TKP 03-01 yaitu arus beban pada fasa R sebesar 175 A, fasa S sebesar 192 A, dan fasa T sebesar 167 A. Kemudian tegangan fasa ke fasa R-S sebesar 378 V, fasa ke fasa R-T sebesar 357 V, dan fasa ke fasa S-T sebesar 381 V. Kemudian tegangan fasa ke netral R-N sebesar 218 V, fasa ke netral S-N sebesar 216 V, dan fasa ke netral T-N sebesar 218 V.

Kata Kunci: Beban lebih, fasa R-S-T, trafo distribusi, gardu hubung, tegangan.

I. PENDAHULUAN

Sistem distribusi listrik adalah jaringan akhir yang menghubungkan gardu induk dengan konsumen. Melalui sistem ini, energi listrik dialirkan dari sumber utama ke berbagai titik penggunaan [1]. Kinerja sistem distribusi sangat krusial karena langsung berdampak pada kualitas pasokan listrik yang diterima konsumen [2]. Oleh karena itu,

penanganan gangguan pada sistem ini harus dilakukan secara efektif dan efisien agar tidak menimbulkan kerugian bagi pelanggan [3]. Kualitas suatu sistem penyediaan listrik sangat bergantung pada kemampuannya untuk menyalurkan daya listrik secara terus-menerus dan tanpa gangguan. Namun, dalam praktiknya, menjaga kontinuitas pasokan listrik ini merupakan tantangan yang besar [4].

Permintaan akan listrik di suatu wilayah cenderung fluktuatif dan terus meningkat seiring waktu. Peningkatan ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti pertumbuhan jumlah pelanggan baru dan meningkatnya penggunaan peralatan listrik oleh pelanggan yang sudah ada [5]. Kondisi ini, khususnya di daerah yang disuplai oleh trafo distribusi TKP 02-00 dan TKP03-01, telah menyebabkan beban yang harus ditanggung oleh trafo-trafo tersebut semakin berat. Ketika beban yang harus ditanggung oleh sebuah trafo melebihi kapasitas maksimalnya, maka akan terjadi beberapa dampak negatif pada sistem kelistrikan [6].

Salah satu dampak yang paling umum adalah penurunan tegangan listrik yang diterima oleh pelanggan [7]. Hal ini dapat menyebabkan berbagai masalah pada peralatan listrik pelanggan, seperti lampu yang redup, motor listrik yang bekerja kurang efisien, atau bahkan kerusakan pada peralatan elektronik yang sensitif [8]. Selain itu, peningkatan beban juga dapat menyebabkan arus listrik pada jaringan distribusi meningkat melebihi batas aman, yang dapat memicu terjadinya gangguan listrik seperti korsleting atau putus kabel [9].

Peningkatan arus pada jaringan dapat meningkatkan rugi-rugi tembaga dan menurunkan efisiensi dari transformator sehingga menimbulkan panas. Panas yang ditimbulkan oleh arus yang besar akan membuat isolasi pada transformator rusak. Akibat dari kondisi tersebut, transformator akan mengalami kerusakan yang signifikan. Hal ini akan berimbas langsung pada terganggunya pasokan listrik kepada konsumen [10]. Jadi, agar sistem penyaluran listrik berjalan optimal, beban pada setiap fasa trafo distribusi haruslah seimbang [11]. Ketidakseimbangan beban akan mengganggu kelancaran aliran listrik ke konsumen. Hal ini dapat menyebabkan fluktuasi tegangan, penurunan kualitas daya, bahkan pemadaman bergilir. Kondisi tersebut tentu merugikan baik bagi perusahaan listrik maupun pelanggan [12].

Penelitian ini berfokus pada permasalahan spesifik mengenai tingkat kelebihan beban yang dialami oleh dua buah transformator distribusi, yakni TKP 02-00 dan TKP 03-01. Ruang lingkup penelitian ini secara tegas dibatasi pada kegiatan pengukuran dan analisis kuantitatif terhadap beban yang diterima oleh kedua transformator tersebut. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk memperoleh data empiris yang akurat mengenai besaran kelebihan beban yang terjadi pada masing-masing transformator, sehingga dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai kondisi operasional transformator tersebut dan potensi risiko yang mungkin timbul akibat kelebihan beban [13].

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah agar dapat mengidentifikasi masalah yang dapat mengurangi keandalan pasokan listrik dan dapat membantu mencegah kerusakan fisik atau termal pada transformator akibat operasi di luar kapasitas desainnya.

II. METODE

Analisis pembebanan lebih pada trafo distribusi dilakukan di PT. PLN (Persero) ULP Syiah Kuala yang berlokasi di Jl. Teuku Nyak Arief, Rukoh, Kec. Syiah Kuala, Kota Banda Aceh. Selanjutnya, fokus penelitiannya yaitu di Gardu Hubung (GH) Krueng Cut pada Penyulang Lamnyong trafo distribusi TKP 02-00 dan TKP 03-01 masing-masing dengan kapasitas daya terpasang 100 kVA. Adapun data yang perlukan mencakup beban kerja trafo, besaran arus listrik

pada masing-masing fasa R, S, dan T, serta nilai tegangan listrik antar fasa (R-S, S-T, R-T) dan antara fasa dengan titik netral (R-N, S-N, T-N).

A. Peralatan Penelitian

Peralatan-peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian ini meliputi tang amperemeter dan voltmeter untuk mengukur arus serta tegangan listrik, AVO meter yang multifungsi untuk mengukur berbagai parameter listrik, *power quality analyzer* (seperti Fluke 43B) untuk analisis kualitas daya yang lebih mendalam, juga peralatan pendukung lainnya seperti tang, obeng, testpen, dan kamera digital untuk dokumentasi.

B. Data Teknis Trafo Distribusi

- Data teknis trafo distribusi penyulang Lamnyong TKP 02-00

Nama	: Sintra
Daya	: 100 kVA
Tegangan Primer	: 20 kVA
Tegangan sekunder	: 400V
Arus TM	: 2,89 A
Arus TR	: 144,3 A
Hubungan	: Dyn5
Impedansi	: 4.0 %
- Data teknis trafo distribusi penyulang Lamnyong TKP 03-01

Nama	: Starlite
Daya	: 100 kVA
Tegangan Primer	: 20 kVA
Tegangan sekunder	: 400V
Arus TM	: 2,89 A
Arus TR	: 144,3 A
Hubungan	: Dyn5
Impedansi	: 4.0 %

C. Data Standar Daya Pengenal Trafo Distribusi

Standar daya pengenal transformator dalam SPLN 80=1978 IEC 76-1 (1976) adalah seperti yang terdapat pada Tabel 1 di bawah ini [14].

TABEL 1. STANDAR DAYA PENGENAL TRAFODISTRIBUSI

No	Daya Trafo Distribusi (kVA)	Penyulang Krueng Cut
1	100	TKP 02-00
2	100	TKP 03-01

D. Pengukuran Pembebanan Trafo Distribusi

Pengukuran pembebanan lebih pada transformator distribusi dilakukan pada 2 (dua) tempat, yaitu pertama di Gampong Tungkop dengan nama gardu TKP 02-00 dan yang kedua di Gampong Prada dengan kode gardu TKP 03-01.

E. Analisa Data

Arus beban maksimal transformator dapat kita hitung dengan menggunakan persamaan (1) berikut [15]:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3}V} \quad (1)$$

Selanjutnya, daya pemakaian perjurusan dan daya beban total pada trafo distribusi dapat dihitung dengan persamaan [15]:

$$S = \sqrt{3} \times I \times V_{f\text{asa-fasa}} \quad (2)$$

$$Daya_{beban\ total} = Daya_{jurusan\ 1} + Daya_{jurusan\ 2} \quad (3)$$

Adapun persentase pemakaian trafo dan jatuh tegangan pada transformator distribusi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan [16]:

$$Daya\ pemakaian\ trafo = \frac{Daya\ beban\ total}{Daya\ terpasang} \times 100\% \quad (4)$$

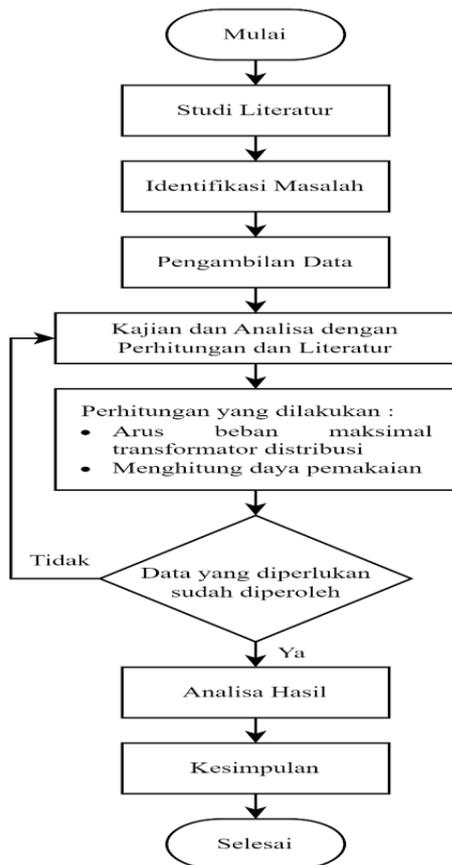
dan

$$\%Drop = \frac{(\%R)P}{S} + \frac{(\%X)Q}{S} \quad (5)$$

Persamaan-persamaan tersebut digunakan untuk menghitung, daya pemakaian beban perjurusan, beban total, persentase daya pemakaian trafo, dan beban maksimal yang sesuai standar.

F. Tahapan-tahapan Penelitian

Pada penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yang dilakukan, meliputi studi literatur, identifikasi masalah, pengambilan data, kajian dan analisa dengan perhitungan dan literatur, perhitungan arus beban maksimal transformator distribusi dan daya pemakaian, analisa hasil, dan penarikan kesimpulan, selengkapnya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

• Studi Literatur

Tahap awal penelitian ini berfokus pada pengumpulan informasi dari berbagai sumber ilmiah untuk membangun landasan pengetahuan yang kuat terkait topik yang diteliti.

• Identifikasi Masalah

Tujuan utama tahap ini adalah untuk mengidentifikasi celah atau permasalahan spesifik dalam bidang studi yang akan menjadi pusat perhatian dalam penelitian.

• Pengambilan Data

Pada tahap ini, peneliti aktif mengumpulkan data yang relevan dan diperlukan untuk menjawab pertanyaan penelitian yang telah dirumuskan sebelumnya.

• Kajian dan Analisis

Data yang telah dikumpulkan kemudian akan dianalisis secara mendalam untuk menemukan pola, hubungan, atau makna tersembunyi yang dapat menjawab pertanyaan penelitian.

• Analisis Hasil dan Kesimpulan

Tahap akhir ini bertujuan untuk menginterpretasikan hasil analisis secara komprehensif dan menarik kesimpulan yang valid berdasarkan data yang ada.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Arus Beban Maksimal Transformator

Setiap transformator distribusi memiliki kapasitas daya maksimum. Penting untuk memastikan bahwa arus listrik yang mengalir pada sisi sekunder transformator tidak melebihi batas aman yang telah ditetapkan. Untuk trafo distribusi TKP 02-00 dan TKP 03-01 dengan kapasitas daya masing-masing 100 kVA, maka arus maksimalnya didapatkan:

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3}V}$$

$$I_{FL} = \frac{100\ kVA}{\sqrt{3} \cdot 400\ V} = 144,34\ A$$

Dari hasil perhitungan maka didapatkan arus maksimal pada trafo dengan kapasitas 100 kVA, yaitu sebesar 144,34 A.

B. Pembebanan Trafo Distribusi TKP 02-00 & TKP 03-01

Dengan menggunakan alat ukur AVO meter maka arus beban trafo distribusi, tegangan fasa-fasa, dan tegangan fasa-netral pada trafo distribusi TKP 02-00 dan TKP 03-01 dapat diketahui. Adapun hasil pengukuran selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2.

TABEL 2. HASIL PENGUKURAN ARUS BEBAN, TEGANGAN FASA, TEGANGAN PERFASA PADA TRAFU DISTRIBUSI TKP 02-00 DAN TKP 03-01

No	Kode Trafo Distribusi	Jurusan	Arus Beban (Ampere)			Tegangan Fasake Fasa (Volt)			Tegangan Fasa ke Netral (Volt)		
			R	S	T	R-S	R-T	S-T	R	S	T
1	TKP 02-00	Jl. T. NyakArief Lamnyong	125	137	152	380	375	379	222	218	220
2	TKP 03-01	Depan SPBU Lamnyong	175	192	167	378	357	381	218	216	218

Tabel 2 menunjukkan hasil pengukuran yang dilakukan pada trafo distribusi TKP 02-00 dan TKP 03-01. Selanjutnya, data-data tersebut digunakan agar dapat menghitung pembebanan pada transformator distribusi TKP 02-00 dan TKP 03-01.

C. Menghitung Pembebanan Transformator Distribusi TKP 02-00 & TKP 03-01

1. Persentasi pembebanan transformator distribusi TKP 02-00

$$\begin{aligned} \text{Dik: } S &= 100 \text{ kVA} \\ V_{L-L} &= 400 \text{ V} \\ I_{FL} &= 144,34 \text{ A} \\ I_R &= 125 \text{ A; } I_S = 137 \text{ A; dan } I_T = 152 \text{ A} \end{aligned}$$

Dari data hasil perhitungan dan hasil pengukuran Tabel 2, maka arus pembebanan tiap fasa pada tranformator didapatkan:

- Fasa R = $\frac{I_R}{I_{FL}} \times 100 \%$

$$\text{Fasa R} = \frac{125}{144,34} \times 100 \%$$

$$\text{Fasa R} = 0,86601 \times 100 \%$$

$$\text{Fasa R} = 86,6 \%$$
- Fasa S = $\frac{I_S}{I_{FL}} \times 100 \%$

$$\text{Fasa S} = \frac{137}{144,34} \times 100 \%$$

$$\text{Fasa S} = 0,949148 \times 100 \%$$

$$\text{Fasa S} = 94,9 \%$$
- Fasa T = $\frac{I_T}{I_{FL}} \times 100 \%$

$$\text{Fasa T} = \frac{152}{144,34} \times 100 \%$$

$$\text{Fasa T} = 1,053069 \times 100 \%$$

$$\text{Fasa T} = 105,3 \%$$

Dari hasil perhitungan, maka didapatkan nilai rata-rata pembebanan pada transformator distribusi TKP 02-00 yaitu:

$$\text{Pembebanan rata-rata} = \frac{\%Fasa R + \%Fasa S + \%Fasa T}{3}$$

$$\text{Pembebanan rata-rata} = \frac{86,6 + 94,9 + 105,3}{3} = 95,6 \%$$

Apabila dibandingkan dengan arus beban penuh transformator maka yang mengalir pada kawat R, S, dan T yaitu:

$$I_{rata-rata} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3}$$

$$I_{rata-rata} = \frac{125 + 137 + 152}{3} = 138 \text{ A}$$

Jadi, dari hasil tersebut maka transformator distribusi TKP 02-00 diketahui sudah melebihi dari arus beban penuh transformator yaitu:

$$\text{Arus beban} = 144,34 \text{ A} - 138 \text{ A} = 6,34 \text{ A}$$

2. Persentase pembebanan transformator distribusi TKP 03-01

$$\begin{aligned} \text{Dik: } S &= 100 \text{ kVA} \\ V_{L-L} &= 400 \text{ V} \end{aligned}$$

$$I_{FL} = 144,34 \text{ A}$$

$$I_R = 175 \text{ A; } I_S = 192 \text{ A; dan } I_T = 167 \text{ A}$$

Dari data hasil perhitungan dan hasil pengukuran Tabel 2, maka arus pembebanan tiap fasa pada tranformator didapatkan:

- Fasa R = $\frac{I_R}{I_{FL}} \times 100 \%$

$$\text{Fasa R} = \frac{175}{144,34} \times 100 \%$$

$$\text{Fasa R} = 1,212415 \times 100 \%$$

$$\text{Fasa R} = 121,2 \%$$
- Fasa S = $\frac{I_S}{I_{FL}} \times 100 \%$

$$\text{Fasa S} = \frac{192}{144,34} \times 100 \%$$

$$\text{Fasa S} = 1,330192 \times 100 \%$$

$$\text{Fasa S} = 133,02 \%$$
- Fasa T = $\frac{I_T}{I_{FL}} \times 100 \%$

$$\text{Fasa T} = \frac{167}{144,34} \times 100 \%$$

$$\text{Fasa T} = 1,1569904 \times 100 \%$$

$$\text{Fasa T} = 115,7 \%$$

Dari hasil perhitungan di atas, maka didapatkan bahwa rata-rata pembebanan pada transformator distribusi TKP 03-01 yaitu:

$$\text{Pembebanan rata-rata} = \frac{\%Fasa R + \%Fasa S + \%Fasa T}{3}$$

$$\text{Pembebanan rata-rata} = \frac{121,2 + 133,02 + 115,7}{3}$$

$$\text{Pembebanan rata-rata} = 123,31\%$$

Apabila dibandingkan dengan arus beban penuh transformator maka yang mengalir pada kawat R, S, dan T yaitu:

$$I_{rata-rata} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3}$$

$$I_{rata-rata} = \frac{175 + 192 + 167}{3} = 178 \text{ A}$$

Dari hasil tersebut maka transformator distribusi TKP 03-01 juga sudah melebihi dari arus beban penuh transformator yaitu:

$$\text{Arus beban} = 144,34 \text{ A} - 178 \text{ A} = -33,7 \text{ A}$$

Selanjutnya, berdasarkan kedua hasil perhitungan tersebut maka trafo distribusi TKP 02-00 dan TKP 03-01 sudah tidak bisa lagi dilakukan penambahan pelanggan lagi dikarenakan persentase pembebanan rata-rata sudah melebihi dari ketetapan standar dari PLN bahwa beban transformator tidak boleh melebihi dari 80%, sedangkan persentase pembebanan pada transformator distribusi TKP 02-00 dan TKP 03-01 sudah melebihi persentase tersebut yaitu masing-masing sebesar 95,6% dan 123,31%. Selain itu arus beban pada kedua transformator tersebut (TKP 02-00 dan TKP 03-01) juga sudah melebihi dari batas maksimal yang diizinkan yaitu sebesar 144,34 A. Jadi dapat disimpulkan bahwa kedua trafo distribusi, yakni TKP 02-00 dan TKP 03-01, membutuhkan peningkatan kapasitas daya. Hal ini bertujuan untuk memastikan kualitas pelayanan listrik kepada konsumen tetap terjaga dan terhindar dari gangguan akibat beban listrik yang melebihi kapasitas trafo.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil analisa dan perhitungan maka dapat disimpulkan bahwa trafo TKP 02-00 memiliki persentase pembebanan rata-rata sebesar 95,6% dan trafo TKP 03-01 sebesar 123,31% dari kapasitas maksimalnya. Kondisi tersebut menyebabkan aliran listrik yang terlalu besar pada kedua trafo, yaitu 178 A untuk TKP 02-00 dan 138 A untuk TKP 03-01. Transformator rdistribusi TKP 02-00 dan TKP 03-01 sama-sama sudah melebihi kapasitas beban maksimal yang diizinkan sehingga memerlukan penambahan daya atau up rating trafo supaya konsumen pengguna listrik tidak dirugikan dengan adanya beban lebih pada trafo distribusi tersebut.

REFERENSI

- [1] D. F. Iman, P. Khaerunnisa, H. M. Fitri, and D. Aribowo, "Analisis Operasional Sistem Distribusi Tegangan Menengah ke Tegangan Rendah di Gardu Induk Serang," *J. Electr. Power Control Autom.*, vol. 7, no. 2, pp. 66-71, 2024
- [2] Kasmawan, Syukri, Muliadi, "Studi Pengaruh Pembebanan Lebih Pada Trafo Distribusi Di GH. Merduati Banda Aceh," *Jurnal AJEETECH*, Vol. 2, No. 2, pp. 24-28, 2022.
- [3] Agus Sucipto, 2010, *Peralatan Gardu Distribusi Induk*, Inhose Training, PT PLN (Persero) Sumbagut Unit Bisnis Sektor Loeng Bata Unit Transmisi GI Langsa.
- [4] Julius Sentoso Setiaji, Tabrani Macmudsyah, Yanuar Isnanto, 2006, *Pengaruh Ketidak Seimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Pada Trafo Distribusi*, Universitas Kristen Petra Surabaya.
- [5] J. M. Siburian, T. Siahaan & J. Sinaga, "Analisis Peningkatan Kinerja Jaringan Distribusi 20 kV Dengan Metode Thermovisi Jaringan PT. PLN (Persero) ULP Medan Baru. *Jurnal Teknologi Energi Uda, Jurnal Teknik Elektro Volume 9, Nomor 1, Maret 2020* :8-19.
- [6] Mohd Yogi Yusuf, Firdaus, Feranita, "Analisa Konfigurasi Hubungan Primer dan Sekunder Transformator 3 Fasa 380/24 V Terhadap Beban Non Linier. *Jom FTEKNIK Volume 3 No. 1 Februari 2016*.
- [7] Yusra, Amrina. "Analisa Jatuh Tegangan dan Losses Pada Sistem Distribusi 20 kV Penyulang Simpang Rima." *Aceh Journal of Electrical Engineering and Technology 2.2*: 1-6, 2022.
- [8] Parlindungan Gultom, 2017 " Studi Susut Umur Transformator Distribusi 20 KV Akibat Pembebanan Lebih di PT.PLN (Persero) Kota Pontianak", Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura, Pontianak.
- [9] Yaved Pasereng Tondok, Lily Setyowaty Patras, Fielman Lisi, 2019" Perencanaan Transformator Distribusi 125 kVA. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer Vol.8, No.2 Mei-Agustus 2019, ISSN : 2301-8402; 2685-368X*.
- [10] Adhitya Franager, Budhi Anto, Dian Yayan Sukma, " Perancangan Transformator Satu Fasa Dan Tiga Fasa Menggunakan Perangkat Lunak Komputer. *Jom FTEKNIK Volume 3 No. 2 Oktober 2016*.
- [11] Abdillah, Fazari, Margo Pujiantara dan Soedibjo. 2014" *Penyeimbang Beban Pada Gardu Distribusi Dengan Metode Seimbang Beban Harian Di PT. PLN Area Bukit tinggi. Surabaya: Indonesia*.
- [12] M. Subhan Sodik,dkk, 2018"Analisis Sistem Proteksi Transformator Daya (3 × 60 MVA) Di Gardu Induk 150 kV Bantul Terhadap Gangguan Arus Lebih.
- [13] Sandy, D. A. (2018). *Studi Teknik Pengembangan Jaringan Baru Distribusi 20kV Penyulang Cargil Di Gardu Induk Manyar*. *E-Link: Jurnal Teknik Elektro dan Informatika*, 14(1), 19-29.
- [14] Suhardi, Tri Wrahatnolo, 2008, *Analisa Penempatan Transformator Distribusi Berdasarkan Jatuh Tegangan Pada Sisi 20 KV*, UNiversitas Sumatera Utara.
- [15] Syukri, Syukri, et al. "Analisa Pembebanan Transformator Distribusi 20 kV Pada Penyulang LS5 Gardu LSA 249." *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering 4.2*: 202-206, 2022.
- [16] Anwar, Muhammad Rezky, Abdul Hafid, and Andi Faharuddin. "Analisis Drop Tegangan Pada Gardu Distribusi Jaringan Tegangan Rendah (JTR) PT. PLN (PERSERO) ULP Karebosi." *Arus Jurnal Sains dan Teknologi 2.2*, 222-233, 2024.